

Oppdragsgiver	Navn HR Prosjekt AS	Kontaktperson Adrian Moen Hjartnes
Oppdrag	Nummer og navn 22632 Lebesby – Flomlinjeberegning og erosjonssikring for tre bruer	Oppdragsleder Ragnhild Hammeren
Dokument	Nummer 22632-03-2 Utført av Ingvild Brekke	Dato 2024-05-06 Kontrollert av Ragnhild Hammeren

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
2	06.05.2024	IB	RH	Vannlinjeberegning for normalvannføring lagt til.
1	04.04.2024	IB	RH	Basert på oversiktstegning K-100 for Skogvik bru, datert 27.03.2024.
0	20.03.2023	IB	RH	Utkast basert på brutegning datert 09.03.23, for intern bruk

## Vannlinjeberegning for Skogvik bru

### Sammendrag

Det er prosjektert en ny bru over Skogvikelva i Lebesby kommune. Skred AS har utført vannlinjeberegninger for den nye brua.

Dimensjonerende 200-årsflom for Skogvik bru, inkludert et klimapåslag på 30 %, er beregnet til 42,6 m<sup>3</sup>/s. Den eksisterende brua har for liten kapasitet for dimensjonerende flom. Det er etablert en hydraulisk modell av nye Skogvik bru med omliggende områder.

Prosjektert veg er planlagt utvidet på nedstrøms side av dagens veg. Ny bru er prosjektert med en lysåpning på 8,0 meter. Vannlinja ved dimensjonerende 200-årsflom ligger på 14,6 moh. ved innløpet til prosjektert bru. Prosjektert bru har mer fribord enn 0,5 meter som kreves i håndbok N400. Modellerte vannhastigheter er 4-7 m/s gjennom brua og 1-2 m/s oppstrøms.

Det skal også bygges en interimsvei for omkjøring i anleggsperioden. Denne kryssingen skal dimensjoneres for 5-årsflom, som er beregnet til 14,8 m/s. Mulige alternativer for stikkrenner er 2800 mm, 3 x 1800 mm eller 5 x 1500 mm. Veggen skal legges på oppstrøms side av brua. Terrenget her er bratt, og det forventes høye vannhastigheter. Innløpet til de midlertidige stikkrennene bør derfor erosjonssikres.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>4</b>
1.1	Bakgrunn.....	4
1.2	Befaring .....	4
1.3	Forbehold .....	4
<b>2</b>	<b>Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold.....</b>	<b>6</b>
2.1	Område og elveløp.....	6
<b>3</b>	<b>Flomberegning .....</b>	<b>8</b>
3.1	Metode .....	8
3.2	Beskrivelse av nedbørfelt .....	8
3.3	Flomfrekvensanalyse.....	9
3.3.1	Målestasjoner .....	9
3.3.2	Valg av metode for flomfrekvensanalyse .....	10
3.3.3	Lokal flomfrekvensanalyse .....	10
3.3.4	Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring .....	11
3.3.5	Regional flomfrekvensanalyse – RFFA-NIFS .....	12
3.4	Nedbør-avløpsmetoder .....	12
3.4.1	PQRUT.....	12
3.5	Vurdering av resultater .....	13
3.5.1	Middelflom.....	13
3.5.2	Vekstfaktor.....	14
3.5.3	Sammenligning av resultater fra ulike metoder .....	14
3.6	Påslag for avrenningsberegninger .....	14
3.6.1	Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer .....	14
3.6.2	Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode.....	14
3.7	Dimensjonerende vannmengder .....	15
<b>4</b>	<b>Hydraulisk modellering .....</b>	<b>16</b>
4.1	Metode .....	16
4.2	Oppsett av modell.....	16
4.2.1	Terrengmodell.....	16
4.2.2	Modelloppsett.....	16
4.2.3	Konstruksjon .....	17
4.3	Resultater .....	18
4.3.1	Sensitivitetsanalyse .....	19
4.4	Beregning av vannstand ved normalvannføring QN.....	19
<b>5</b>	<b>Vurdering av erosjonssikkerhet .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Nødvendig kapasitet interimsvei .....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>23</b>



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Troms og Finnmark fylkeskommune planlegger å bygge bru over Skogvikelva (gammelt brunummer 20-0487, nytt brunummer 54-0053) i Lebesby kommune. I den forbindelse er Skred AS bedt av HR Prosjekt AS om å levere en rapport for hydrologi og erosjonssikring.

Oppdraget innebærer å beregne flomverdi og vannlinje for brua for 200-årsflom for en ferdig konstruksjon og 5-årsflom i byggetiden. Det utføres beregning av flomverdier etter Statens vegvesens håndbøker og hydraulisk beregning av bruas kapasitet i HEC-RAS. I henhold til Statens vegvesen håndbok N400 Bruprosjektering skal det være en klaring på minst 0,5 meter til overbygningen ved dimensjonerende vannføring med returperioder på 200 år. Dimensjonerende vannføring inkluderer sikkerhetsfaktor for framtidig klimaendring og usikkerhet ved beregningsmetode.

Lokasjon av den aktuelle brua er vist på Figur 1.



Figur 1: Lokaliseringen av Skogvik bru i Lebesby kommune.

## 1.2 Befaring

Skred AS har ikke utført befaring av området. Befaring er utført av oppdragsgiver og bilder er tilsendt.

## 1.3 Forbehold

Flomvurderinger er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det fremsto på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning

flomforholdene. Det kan innbefatte fysiske endringer i vassdraget eller endring i klimaframskrivninger. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Informasjon om tidligere flomhendelser er viktige for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.

## 2 Beskrivelse av området, elveløp, konstruksjoner og grunnforhold

### 2.1 Område og elveløp

Den aktuelle brua krysser Skogvikelva omtrent 100 meter oppstrøms utløpet i havet. Elva har en helning på 15-20 % forbi brustedet. Omtrent 80 meter oppstrøms brua deler elva seg i to løp, som samløper omtrent ved brua. Ved normalvannføring renner alt vannet i det nordre/høyre løpet, mens det søndre trolig kun aktiveres ved større flommer. Brua er plassert rett på den søndre/venstre løpet. Ved normalvannføring gjør elva derfor en krapp sving langs veien, og renner 10-15 meter parallelt med veien før den renner under brua.

Området rundt brustedet består ifølge NGU sitt løsmassekart av tykk morene. Brustedet ligger ifølge NVE Atlas under marin grense. Grunnundersøkelser i konkurransegrunnlaget viser ett lag på omtrent 4 meter over berg. Basert på bilder ser det ut til å være berg i dagen rett nedstrøms brua og delvis i elveløpet oppstrøms brua. Elvebunnen er dekket av stein og steinblokker i varierende størrelse. Der elva renner langs veien er det satt opp en tørrmur.

Den nye brua er prosjektert som en plassprodusert kulvert med sålefundament fundamentert til berg.

Figur 2, Figur 3 og Figur 4 viser bilder av eksisterende bru og terrenget rundt.



*Figur 2: Bilde av eksisterende bru fra oppstrøms side der elva renner parallelt med veien rett oppstrøms brua.*



*Figur 3: Rett oppstrøms dagens bru.*



*Figur 4: Rett nedstrøms dagens bru.*

## 3 Flomberegning

### 3.1 Metode

Hvilke metoder som bør benyttes ved en flomberegning avhenger av flere forhold. Valg av metode må blant annet gjøres ut fra geografiske- og meteorologiske parametere, om det finnes målestasjoner i vassdraget eller i nærliggende vassdrag, kvalitet og lengde på eventuelle måleserier, samt det aktuelle nedbørfeltets størrelse og feltkarakteristika.

Vegnormal N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2021) og V240 Vannhåndtering (Statens vegvesen, 2022) er lagt til grunn for beregning av dimensjonerende flommer.

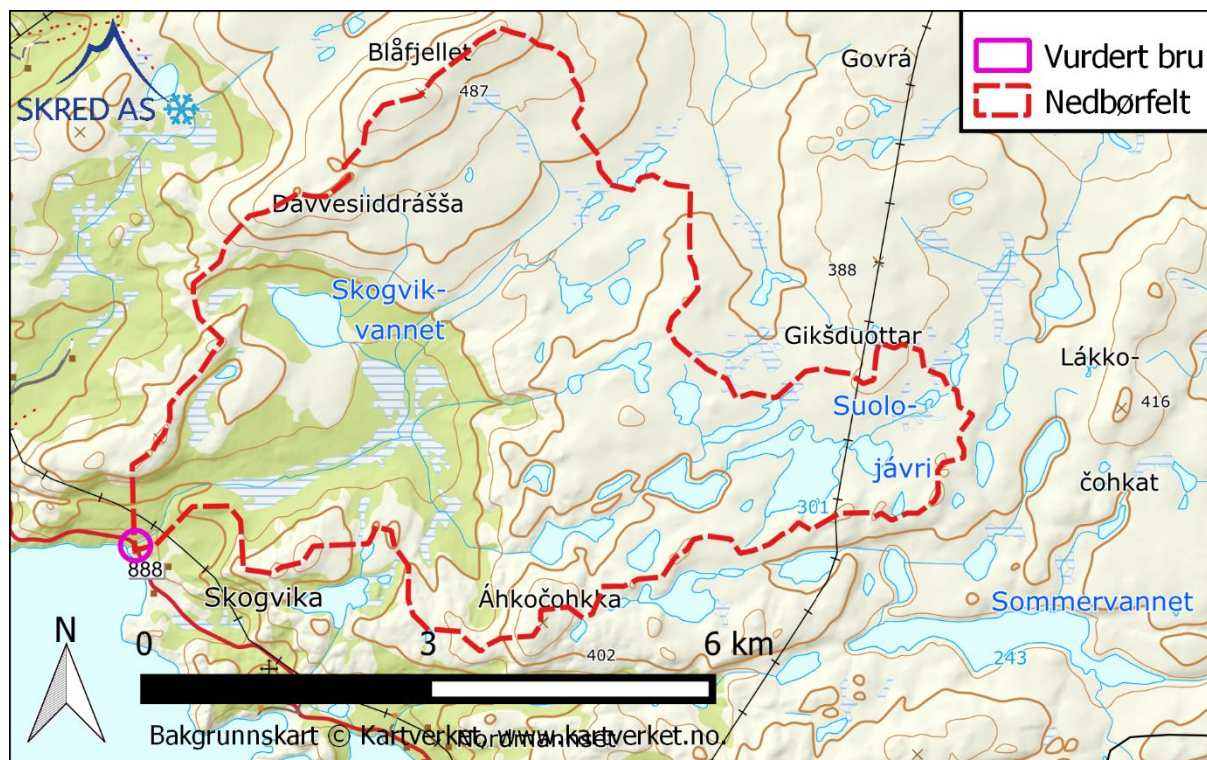
### 3.2 Beskrivelse av nedbørfelt

Nedbørfeltet til Skogvikelv drenerer vestover. Øvre/østre halvdel består av slakt snaufjell med mange tjern og innsjøer. Omtrent midt i feltet er den er bratt knekk i terrenget, før også nedre del av feltet er relativt slakt. Den effektive sjøprosenten til feltet er lav til tross for stor andel sjø (7 %) fordi Suolojavri og de andre tjernene øst i nedbørfeltet ligger så høyt i feltet. Dette gjør at det forventes betydelig flomdemping fra den sørøstre delen av feltet, men ikke i resten av feltet. Feltet er ikke påvirket av regulering. Feltkarakteristika til Skogvikelv er vist i Tabell 1 og feltgrensene er vist i Figur 5.

Tabell 1: Feltkarakteristika til Skogvikelv.

Vassdrag	Feltareal [km <sup>2</sup> ]	$q_N^*$ [l/s*km <sup>2</sup> ]	Eff. sjø [%]	Skog [%]	Snaufjell [%]	Myr [%]	Høydeint. [moh.]
Skogvikelv	29,5	25,3	0,68	21	62	5	14-487

\*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-90.



Figur 5: Feltgrensene til Skogvikelv.



### 3.3 Flomfrekvensanalyse

#### 3.3.1 Målestasjoner

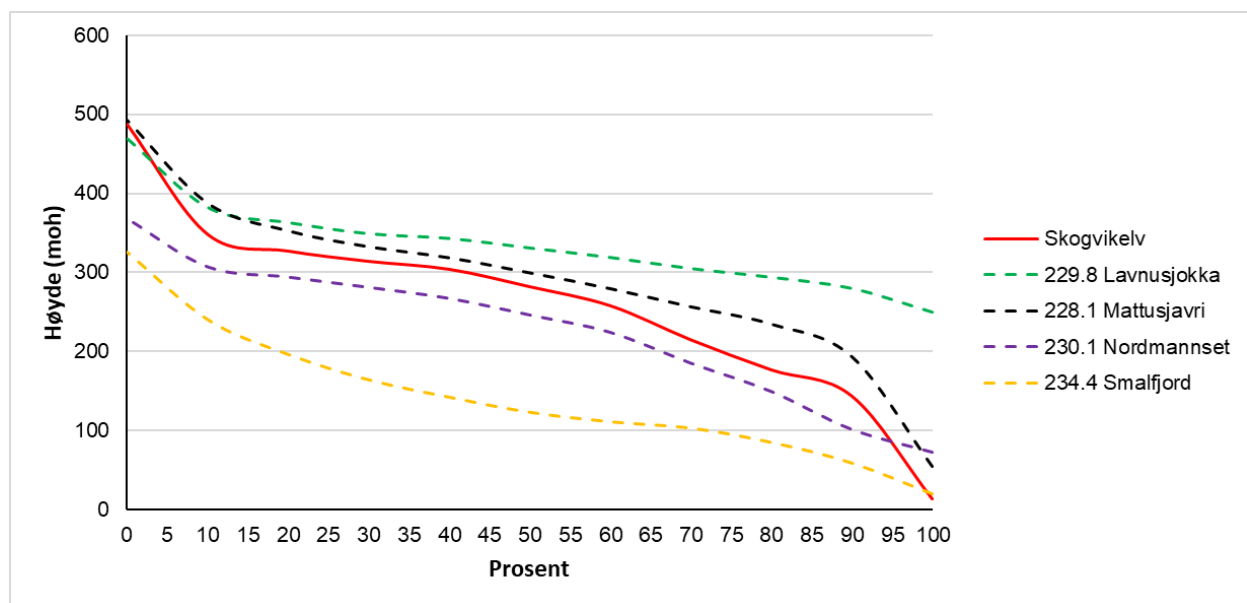
Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i Skogvikelv. Det er derfor funnet et utvalg målestasjoner som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene.

I Tabell 2 er det gitt et utvalg målestasjoner, inkludert feltkarakteristika, som sammen kan gi en indikasjon på flomforholdene i det vurderte nedbørfeltet og gi grunnlag for lokal flomfrekvensanalyse. Det er valgt ut stasjoner som ikke er påvirket av regulering og hvor det foreligger et datagrunnlag med tilstrekkelig kvalitet. Middellavrenning ( $q_n$ ) er beregnet basert på måleserien ved hver stasjon. Hypsografisk kurve til stasjonene er vist i Figur 6 og beliggenhet er vist i Figur 7.

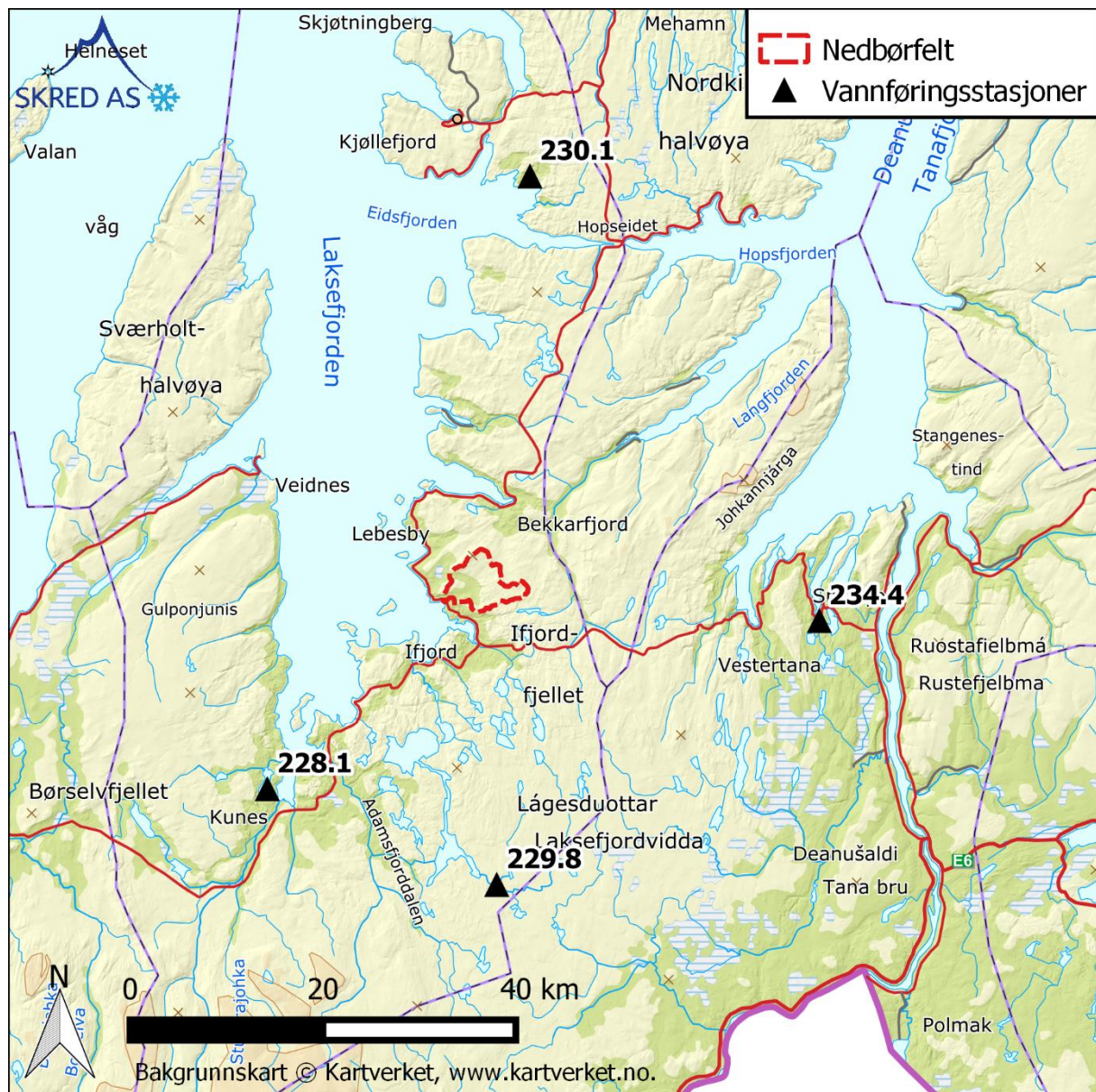
Tabell 2: Feltkarakteristika til utvalgte referansevassdrag.

Målestasjon	Felt-areal [km <sup>2</sup> ]	Måleperiode døgn [år]	$q_n$ [l/s*km <sup>2</sup> ]	Eff. Sjø [%]	Skog [%]	Myr [%]	Snau-fjell [%]	Høydeint. [moh.]	Kurve-kvalitet (flom)
<b>Skogvikelv</b>	<b>29,5</b>	-	25,2	0,68	21	62	5	14-487	-
229.8 Lavnusjokka	189	2013-2021	24.2	1.08	0	5	81	250-469	Usikker
228.1 Mattusjavri	105	1957-1977	23.4	2.23	13	0	77	55-493	Middels
230.1 Nordmannset	19.3	1962-2021	35.3	4.02	5	0	73	72-368	Middels
234.4 Smalfjord	30.1	1961-1986	17.3	4.19	57	7	7	20-325	Middels

\*fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961 – 90.



Figur 6: Hypsografisk kurve til Skogvikelv og vurderte målestasjoner.



Figur 7: Lokasjon til utvalgte målestasjoner.

### 3.3.2 Valg av metode for flomfrekvensanalyse

Siden flere av målestasjonene enten ikke har, har en svært kort serie eller usikre data med timesoppløsning, er det valgt å utføre analysen på døgndata for alle stasjonene og findata for den av stasjonene med best data.

### 3.3.3 Lokal flomfrekvensanalyse

Vannføringsmålinger fra de aktuelle målestasjonene er hentet ut og analysert gjennom NVE-databasen Hydra2. Det er gjort flomfrekvensanalyse av måleseriene på årsflommer. Kvaliteten til vannføringskurvene er gitt av NVE sin vurdering av aktuell kurve, noe som er avgjørende for kvaliteten til måledataene.

For hver måleserie er det gjort et valg av type frekvensfordeling basert på serielengde og frekvenskurven sin tilpasning til dataene. Tabell 3 presenterer analysene utført på døgndata med programmet Flom\_analyse, mens Tabell 4 viser analyse på findata.

Tabell 3: Resultater fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier med programmet Flom\_analyse (døgnmiddel).

Målestasjon	År	Middelflom		Q <sub>5</sub> / Q <sub>M</sub>			Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>			Metode
		Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]	Nedre estimat	Middel- estimat	Øvre estimat	Nedre estimat	Middel- estimat	Øvre estimat	
229.8 Lavnusjokka	9	50.7	268	1.02	1.25	1.56	x	x	x	Gumbel
228.1 Mattusjavri	21	24.9	238	1.07	1.24	1.46	1.78	2.26	2.68	Gumbel
230.1 Nordmannset	60	7.4	382	1.13	1.25	1.38	1.93	2.29	2.65	GEV
234.4 Smalfjord	26	4.7	158	1.08	1.28	1.52	2.04	2.60	3.13	Gumbel

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalyse på utvalgte måleserier med programmet Flom\_analyse (timesdata).

Målestasjon	År	Middelflom		Q <sub>5</sub> / Q <sub>M</sub>			Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>			Metode
		Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]	Nedre estimat	Middel- estimat	Øvre estimat	Nedre estimat	Middel- estimat	Øvre estimat	
230.1 Nordmannset	24	7.84	406	1.08	1.28	1.52	1.96	2.52	3.03	Gumbel

### 3.3.4 Forholdstall mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring

Kulminasjonsvannføringen kan være vesentlig større enn døgnmiddelvannføringen beregnet i Tabell 3. Generelt er forholdstallet ofte størst i små og bratte nedbørfelt med liten innsjødempning. For Skogvikelv gir formelverket RFFA-2018 gir en kulminasjonsfaktor på 1,25.

Dagens NVE-veileder (NVE, 2022) anbefaler at forholdstallet mellom døgn- og kulminasjonsflom beregnes ut fra observerte hendelser. Ved de vurderte målestasjonene er det stor variasjon i forholdet mellom døgn- og kulminasjonsflom over måleperioden, og det er derfor vanskelig å velge ut en representativ hendelse. 229.8 Lavnusjokka og 228.1 Mattusjavri har mye større felt enn Skogvikelv og vil derfor ha tregere flommer og mindre representative forholdstall. De minste stasjonene er mer representative, og i NVE (2015) ble det oppgitt forholdstall for målestasjoner benyttet i NIFS-prosjektet, disse er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring (NVE, 2015).

Målestasjon	Q <sub>mom</sub> / Q <sub>døgn</sub>
230.1 Nordmannset	1.31
234.4 Smalfjord	1.03

### 3.3.5 Regional flomfrekvensanalyse – RFFA-NIFS

Håndbok V240 Vannhåndtering (Statens vegvesen, 2022) anbefaler nasjonalt formelverk for flomberegninger i nedbørfelt der feltareal er mindre enn 60 km<sup>2</sup>. Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Den største usikkerheten i formelverket er estimat av middelflom, mens resulterende vekstkurve vurderes som robust for returperioder opp mot 200 år. Det betyr at et godt estimat av middelflom vil redusere usikkerheten i beregningene betraktelig.

Middelavrenning fått fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990 virker rimelig sammenlignet med verdiene ved målestasjonene. Det er derfor valgt å benytte en middelavrenning på 25,3 l/s\*km<sup>2</sup> i flomformelverket.

Resultatene gitt fra flomformelverket for små nedbørfelt er presentert i Tabell 6.

Tabell 6: Resultater fra RFFA-NIFS for Skogvikelv (kulminasjon).

Estimat	Middelflom		Q <sub>5</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]
	Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]				
Lav (2,5 %)	6.0	203		7.5		16.7
<b>Middel</b>	<b>12.0</b>	<b>406</b>	<b>1.25</b>	<b>15.0</b>	<b>2.78</b>	<b>33.3</b>
Høy (97,5 %)	24.0	812		29.9		66.7

## 3.4 Nedbør-avløpsmetoder

### 3.4.1 PQRUT

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som er utformet som en lineær karmodell. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen. I NVE (2022) er det gitt en beskrivelse av modellen og hvordan den kan benyttes i små nedbørfelt. Det er flere usikkerhetsmomenter som ligger i bruken av modellen for mindre felt, slik at usikkerheten i resultatene forventes å være stor.

I henhold til anbefalinger i NVE (2022) benyttes det et dimensjonerende nedbørforløp på 24 timer og et tidsskritt på 1 time. Konsentrasjonstiden til feltet er estimert til ca. 2 timer basert på den pragmatiske metoden.

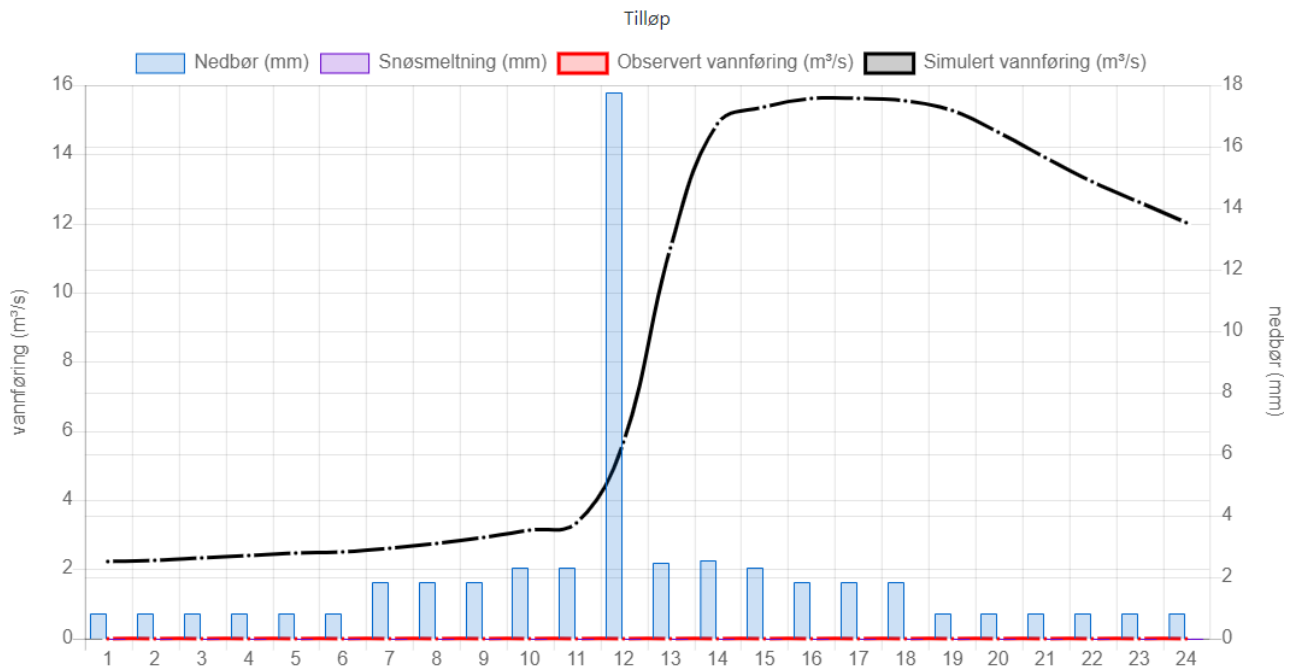
Det ligger en stor grad av usikkerhet i valget av dimensjonerende nedbørverdier og nedbørforløp. De nærmeste målestasjonene med oppløsning på 1 time ble satt opp i 2018 eller senere, og har ikke tilstrekkelig data for frekvensanalyse. Det er to målestasjoner med døgndata i Lebesby, 7 km nord for vurdert bru, som til sammen har en måleserie på 63 år. Det er utført frekvensanalyse på nedbørdataene der resultatene er presentert i Tabell 7. For å justere fra døgnnedbør til vilkårlig 24-timers nedbør er det multiplisert med en faktor på 1,13.

Tabell 7: Resultater fra frekvensanalyse på nedbør.

Nedbørstasjon	Måleperiode [år]	Høyde [moh.]	200-årsnedbør [mm]		Metode
			Døgn [mm]	24-timer [mm]	
96210 Lebesby II + 96220 Lebesby - Karlmyhr	1957-2022	18 + 8	44	50	GEV (max)

50 mm fra frekvensanalysen stemmer godt med MET sitt kart over 24-timers 200-årsnedbør, og settes som dimensjonerende 24-timers nedbør. For varigheter ned mot 1 time er det skalert mot MET regionale IVF-kurve for region 7. Det er videre konstruert et 200-års nedbørforløp som er tilnærmet symmetrisk om den mest intensive nedbørperioden. Initialvannføringen i PQRUT er satt til 2,2 m<sup>3</sup>/s som tilsvarer ca. tre ganger middelvannføringen.

PQRUT-modellen gir en estimert 200-årsflom på 15,6 m<sup>3</sup>/s, vist i Figur 8.



Figur 8: Resultater fra PQRUT for vurdert nedbørfelt, 200-årsflom.

### 3.5 Vurdering av resultater

#### 3.5.1 Middelflom

230.1 Nordmannset har et mindre felt, ligger lenger nord og har høyere spesifikk avrenning enn Skogvikelv. Dette gjør at det forventes mindre spesifikke flommer i Skogvikelv til tross for at den effektive sjøprosenten er større for 230.1 Nordmannset.

229.8 Lavnusjokka og 228.1 Mattusjavri ligger begge omtrent 30 km sørvest/sør for det vurderte nedbørfeltet, har omtrent samme spesifikke avrenning, men mye større felt. 234.4 Smalfjord har et felt på omtrent samme størrelse, men ligger 35 km lenger øst og har lavere spesifikk avrenning. Til tross for alle tjernene har Skogvikelv lavere effektiv sjøprosent enn de vurderte målestasjonene, som alle har relativt høy effektiv sjøprosent. Dette gjør at det forventes noe høyere spesifikke flommer i Skogvikelv enn disse.

Sammenlignet med 230.1 Nordmannselv virker forholdstallet mellom døgn- og kulminasjonsflom fra RFFA-2018 på 1,25 rimelig og benyttes videre. Basert på målestasjonene vurderes derfor en middelflom på 250-500 l/s\*km<sup>2</sup> som realistisk. Dette ligger fra nedre estimat og til noe over middelestimatet fra RFFA-NIFS.

### 3.5.2 Vekstfaktor

Vekstfaktoren for 5-årsflom stemmer godt for RFFA-NIFS og de vurderte målestasjonene. For 200-årsflom ligger middelestimatet fra RFFA-NIFS høyere enn øvre estimat fra 228.1 Mattusjavri og 230.1 Nordmannset, og mellom middel og øvre estimat fra 234.4 Smalfjord.

230.1 Nordmannset har den lengste måleserien og best grunnlag for frekvensanalyse. Siden den ligger i et våtere klima (høyere spesifikk avrenning), er den likevel ikke helt representativ for vekstkurven til Skogvikelv, og det velges derfor å legge vekt på formelverket.

### 3.5.3 Sammenligning av resultater fra ulike metoder

I Tabell 8 er valgte flomverdier vist sammen med resultatene fra flomberegning med de ulike metodene. Spesifikk middelflom fra referansefeltene stemmer greit overens med middelestimatet fra formelverket. Spesifikk 200-årsflom fra PQRUT ligger under nedre estimatet fra flomformelverket, noe som trolig skyldes at timesnedbøren i den skalerte kurven blir urealistisk lav, og dette gir stort utslag fordi konsentrasjonstiden til feltet er liten.

Tabell 8: Sammenligning av resultater fra flomberegninger med ulike metoder (kulm.).

Metode	$q_m$ [l/s*km <sup>2</sup> ]	$q_s$ [l/s*km <sup>2</sup> ]	$q_{200}$ [l/s*km <sup>2</sup> ]
Vurdert fra referansefelt	250 - 500	-	-
Formelverk for små nedbørfelt	200 – 810 (406)	250 – 1015 (510)	560 – 2260 (1130)
PQRUT	-	-	530
<b>VALGT</b>	400	500	1110

## 3.6 Påslag for avrenningsberegninger

Ifølge N200 skal dimensjonerende avrenning beregnes slik:  $Q_{dim,T} = Q_T \cdot F_k \cdot F_u$  der  $Q_T$  er beregnet avrenning for returperioder T,  $F_k$  er sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer og  $F_u$  er sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode.

### 3.6.1 Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer

I henhold til tabell 2.3.1-1 i N200 (Statens vegvesen, 2021) benyttes en klimafaktor på 1,3 for små nedbørfelt i Finnmark for beregningen for den ferdige konstruksjonen. For 5-årsflommen for byggeperioden benyttes ikke klimafaktor som beskrevet i kapittel 2.1.4.2 (Statens vegvesen, 2021).

### 3.6.2 Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode

Ifølge Troms og Finnmark fylkeskommune skal veien bygges for en ÅDT på 250. Det gir da sikkerhetsklasse V1 ifølge tabell 2.2.1 i håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021). Ifølge håndbok N200 skal sikkerhetsfaktor for usikkerhet  $F_u$  da settes til 1,0.

### 3.7 Dimensjonerende vannmengder

Dimensjonerende vannmengder beregnet for Skogvikelv er gitt i Tabell 9 under. Spesifikk 200-årsflom inkludert klimapåslag er beregnet til ca. 1450 l/s\*km<sup>2</sup>.

Tabell 9: Dimensjonerende vannmengder i Skogvikelv (kulminasjon).

Formål	T	$Q_M$ [m <sup>3</sup> /s]	$q_M$ [l/s*km <sup>2</sup> ]	$Q_T/Q_M$	$Q_T$ [m <sup>3</sup> /s]	$F_k$	$F_u$	$Q_{dim,T}$ [m <sup>3</sup> /s]
Byggeperioden	5 år	11,8	400	1,25	14,8	1,0	1,0	<b>14,8</b>
Konstruksjonens levetid	200 år			2,78	32,8	1,3	1,0	<b>42,6</b>

Normalvannføring ( $Q_N$ ) beregnes ut fra spesifikk avrenning og feltarealet til Skogvikelva.

$$Q_N = 25,3 \text{ l/s*km}^2 * 29,5 \text{ km}^2 = 746 \text{ l/s.}$$

## 4 Hydraulisk modellering

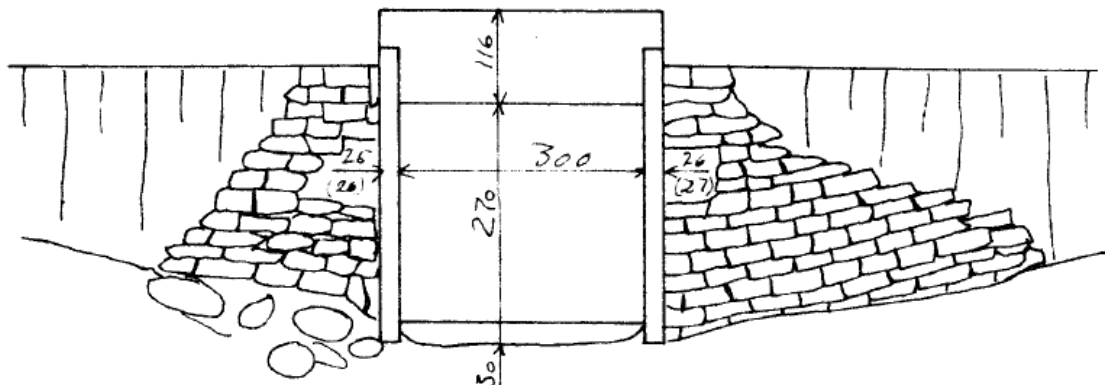
### 4.1 Metode

I beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren Hec-Ras versjon 6.3.1 benyttet. De viktigste inngangsparameterne til Hec-Ras modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. For å best mulig vurdere strømningsforholdene er en 2-dimensjonal-modell vurdert hensiktsmessig.

### 4.2 Oppsett av modell

#### 4.2.1 Terrengmodell

Terrengmodellen tilsendt fra oppdragsgiver basert på dronescanning 24.11.22 ble benyttet i tidligere versjoner av rapporten. Denne har vist seg å ha et usikkert høydesystem, og har vist seg å trolig ligge rundt 0,2 meter for høyt. Det er derfor heller laget en terrengmodell med oppløsning 0,25 x 0,25 meter basert på lidar-data fra 2017 (NDH E6 Ifjordfjellet-Lebesby 5pkt 2017). Høyden på elvebunnen under brua er skjønnsmessig satt ut fra terrengmodell og bilder, og den virker rimelig ut fra mål på Figur 9.



Figur 9: Utsnitt av brutegning for eksisterende bru.

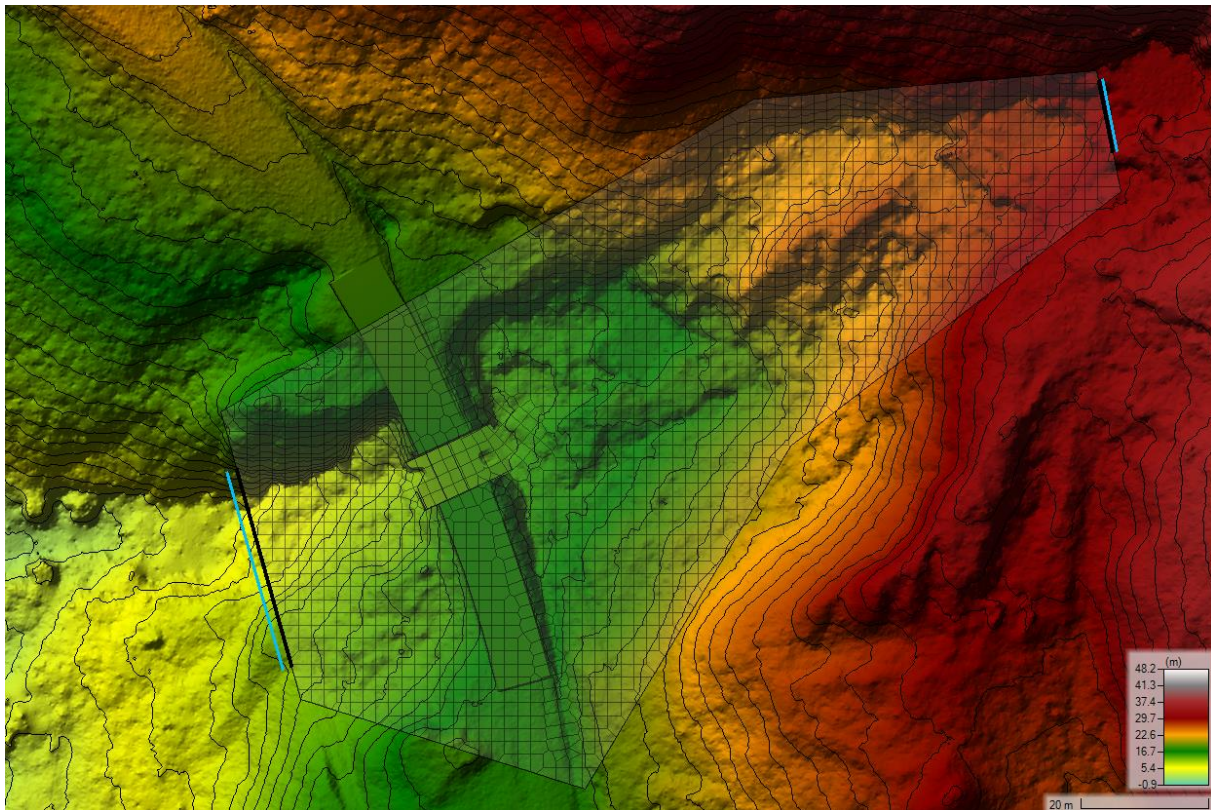
#### 4.2.2 Modelloppsett

Benyttede parametere i modellen fremkommer av Tabell 10. Terrengmodell og plassering av grensebetingelser er illustrert i Figur 10.

Tabell 10: Parametere benyttet i Hec-Ras modell for Skogvikelva.

Parameter	Verdi
Oppløsning på terrengmodell	0,25 x 0,25 meter
Oppstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Nedstrøms grensebetingelse	Normalstrømning
Cellestørrelse beregningsgrid	2 x 2 meter
Likningssett	Full momentum
Tidsskritt	Gitt av couranttall mellom 0,1 og 1,0
Manningstall	30 under brua, 20 i elveløp og 15 i terreng





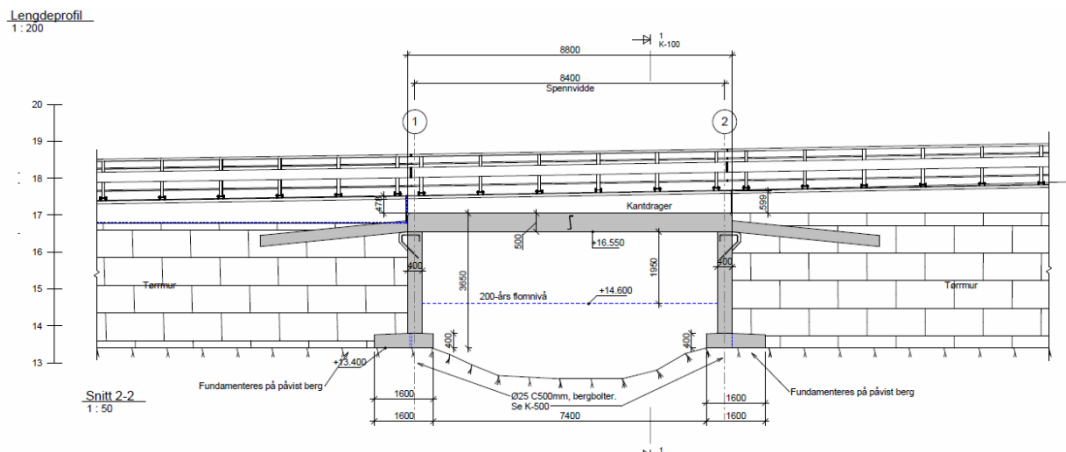
Figur 10: Illustrasjon av terrengmodell og plassering av grensebetingelser.

#### 4.2.3 Konstruksjon

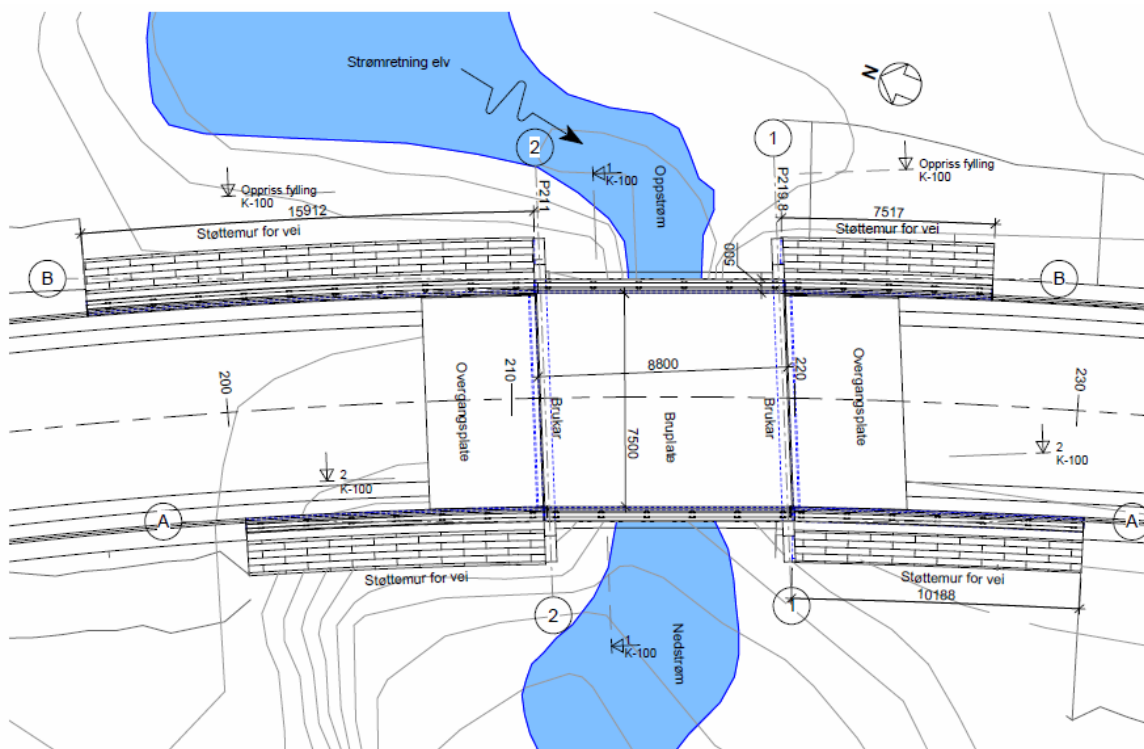
Eksisterende bru har en bredde på 3,0 meter. I modellering av fremtidig 200-årsflom gir dette overtopping av veien. Bredden på ny bru er derfor økt.

Vegen er planlagt utvidet på nedstrøms side av dagens veg. Vegen og bruåpningen er lagt inn i den hydrauliske modellen basert på tegning C001 og K-100, begge datert 27. mars 2024.

Brua er lagt inn som en åpning i terrengmodellen, der plasseringen er basert på vegtegningen. Det er lagt inn en bredde på lysåpningen på 8,0 meter, som vist i Figur 11. Utvidelsen av lysåpningen er planlagt omtrent symmetrisk i forhold til dagens bruåpning, og det er planlagt støttemurer for vegen, se Figur 12. Det er ikke planlagt vingemurer. Det er ikke lagt inn brudekke i modellen, da det forutsettes at det ved dimensjonerende flom vil være friskeilstrømning under brua.



Figur 11: Utsnitt av K-100 Oversiktstegning for Skogvik bru, datert 27.03.2024. Bredden på lysåpningen er 8,0 meter.



Figur 12: Plassering av ny bru i forhold til elva (hentet fra K-100 datert 27.03.2024).

### 4.3 Resultater

Det er beregnet vannlinje ved bruas dimensjonerende flom, Q200. I henhold til vegnormal N400 kap. 3.6.2 (Statens vegvesen, 2022) skal det være minimum 0,5 meter klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-årsflom. Beregnet vannstand ved innløpet til brua og vannhastighet forbi brustedet er vist i Tabell 11.

Tabell 11: Beregnet vannstand ved oppstrøms side av bru og vannhastighet forbi brustedet for dimensjonerende 200-årsflom.

Bredde lysåpning bru [m]	Dim. vannstand [moh.]	Minimumsnivå underkant bru [moh.]	Vannhastighet [m/s]
8,0	14,6	15,1	4-7

Underkant på ny bru er prosjektert på kote 16,55 moh., så brua er prosjektert med tilstrekkelig fribord i henhold til kravet i håndbok N400.

#### 4.3.1 Sensitivitetsanalyse

Sikkerhetsmarginen på 0,5 meter fra vannlinje ved dimensjonerende flom til underkant bru er satt for å blant annet ta hensyn til drivgods i vassdraget. Det er utført en sensitivitetsanalyse av modellen for å kontrollere at den ligger innenfor sikkerhetsmarginen. I sensitivitetsanalysen er vannføringen økt med 20 % og ruheten er økt med 20-50 %.

Økt vannføring gir en økning i vannstand ved innløpet til brua på 0,15 meter, mens økning i ruhet gir en økning i vannstand på 0,03 meter.

#### 4.4 Beregning av vannstand ved normalvannføring QN

Vi har ikke gode innmålinger av terrenget under brua. Dette har liten innvirkning på vannstanden under flom, siden vannføringen uansett er stor. Men, for normalvannføring er bunnivåene avgjørende for vannstanden. Det er trolig en dypål under brua, som kun delvis fanges opp i terrengmodellen, og som vannføringen vil være begrenset til under normale forhold. Vi har derfor valgt å benytte modellert vannhastighet i kombinasjon med kontinuitetslikningen for å beregne vannstand ved normalvannføring.

Modellert hastighet ved normalvannføring er ved innløpet 0,8-1,5 m/s. Vi antar konservativt en vannhastighet på 1,0 m/s. Kontinuitetslikningen gir da:

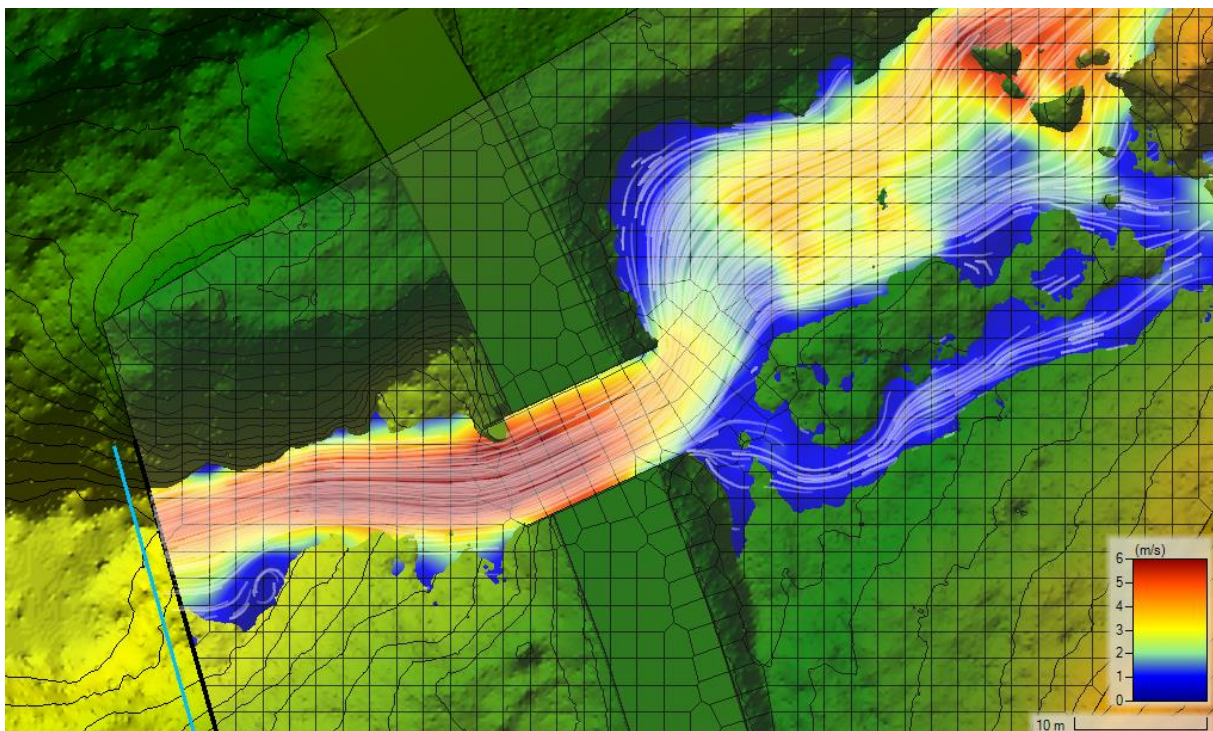
$$Q = V \cdot A = V \cdot B \cdot H$$
$$H = \frac{Q}{V \cdot B} = \frac{0.746 \text{ m/s}^3}{1 \text{ m/s} \cdot 8 \text{ m}} = 0.09 \text{ m}$$

Siden utformingen til dypålen ikke er kjent, velger vi å ta utgangspunkt i bunn fundament. Det ligger på kote 13,4 moh., som med 0,09 meter vann gir en vannlinje på **13,5 moh. ved normalvannføring.**

## 5 Vurdering av erosjonssikkerhet

Oppstrøms brua renner elva delvis parallelt med vegen under flom. Det er prosjektert tørrmur på både opp- og nedstrøms side av vegen, som vist i Figur 12. Sammenlignet med modelleringsresultatet er tørrmuren trukket lenger vekk fra elva enn den strekningen som kan treffes av vann under flom på oppstrøms side.

Modellert vannhastighet inn mot tørrmuren på oppstrøms side er maksimalt 4 m/s. På nedstrøms side er hastigheten noe høyere. Maksimal beregnet vannhastighet gjennom brua er ca. 7 m/s. Ifølge Sikringshåndboka til NVE Modul F1.200 tabell 1 (NVE, 2023) kan tørrmur tåle vannhastigheter større enn 8 m/s, avhengig av steinstørrelse og byggeteknikk. Vi vurderer derfor at den prosjekterte støttemuren vil utgjøre en god erosjonssikring for vegen.



Figur 13: Utsnitt av modellert vannhastighet for planlagt bru.

## 6 Nødvendig kapasitet interimsvei

Det skal etableres en midlertidig vei med forbikjøring over elva i anleggsperioden. Denne skal dimensjoneres for Q5, som er beregnet til 14,8 m<sup>3</sup>/s. Vi er ikke kjent med planlagt plassering for interimsveien, men ifølge informasjon på oppstartsmøtet skal den plasseres på oppstrøms side. Terrenget er bratt, så det må forventes høye vannhastigheter og behov for noe erosjonssikring av innløpet til kryssingen under interimsvegen. Hvis utløpet ikke plasseres på berg bør også dette erosjonssikres.

Det er forutsatt frispeilstrømning og vannstand opp til topp stikkrenne. Nødvendig kapasitet i stikkrenner er vurdert ut fra nomogram for stikkrenner i betong (SINTEF, 1992).

Mulige alternativer for rørstikkrenner:

- 2800 mm
- 3 x 1800 mm
- 5 x 1500 mm

Hvis det er begrenset plass, kan det også være aktuelt med firkantstikkrenner for å få nødvendig kapasitet på mindre plass.

## 7 Konklusjon

Dimensjonerende 200-årsflom for Skogvik bru, inkludert et klimapåslag på 30 %, er beregnet til 42,6 m<sup>3</sup>/s. Den eksisterende brua har for liten kapasitet for dimensjonerende flom. Det er etablert en hydraulisk modell av nye Skogvik bru med omliggende områder.

Prosjektert veg er planlagt utvidet på nedstrøms side av dagens veg. Ny bru er prosjektert med en lysåpning på 8,0 meter. Vannlinja ved dimensjonerende 200-årsflom ligger på 14,6 moh. ved innløpet til prosjektert bru. Prosjektert bru har mer fribord enn 0,5 meter som kreves i håndbok N400. Modellerte vannhastigheter er 4-7 m/s gjennom brua og 1-2 m/s oppstrøms.

Det skal også bygges en interimsvei for omkjøring i anleggsperioden. Denne kryssingen skal dimensjoneres for 5-årsflom, som er beregnet til 14,8 m/s. Mulige alternativer for stikkrenner er 2800 mm, 3 x 1800 mm eller 5 x 1500 mm. Vegen skal legges på oppstrøms side av brua. Terrenget her er bratt, og det forventes høye vannhastigheter. Innløpet til de midlertidige stikkrennene bør derfor erosjonssikres.

## 8 Referanser

NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.*

NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger.*

SINTEF. (1992). *Flomberegning og kulvertdimensjonering.*

Statens vegvesen. (2021). *Vegbygging håndbok N200.*

Statens vegvesen. (2021). *Vegkart.*

Statens vegvesen. (2022). *Håndbok N400 - Bruprosjektering.*

Statens vegvesen. (2022). *V240 Vannhåndtering.*